

岐阜大学工学部 正会員 小尻利治

京都大学大学院 学生員 武村彰文

岐阜大学工学部 学生員 ○新川勝樹

1. はじめに 本研究は、入力である河川流量を一次のマルコフ性と仮定し、ダム操作による利水安全度の応答を明らかにし、耐渇水性の高い運用手順を求めようとするものである。

2. ダムによる利水安全度の算定 利水安全度の指標を決定するパラメータとして、信頼度を用い、

$$REL = \min\{REL^t\} \quad (\text{for } t) \quad REL^t = pr(X_t \in S) \quad (1)$$

と表現する。ここに X_t は t 期におけるシステムの出力（貯水池より下流にある基準地点の通過流量）であり、 S は安全領域、 $pr(\cdot)$ はその確率を表わす。

既知情報としては、貯水量に対する放流量の条件付確率行列（操作ルール） $[O^i | S^i]$ 、各期の流入量の条件付確率行列 $[I^e | I^i]$ 、および、現期間の流入、貯水量に対する、次期間の貯水量の条件付確率行列 $[S^{i+1} | S^i I^i]$ としよう。いま、次の計算手順により各期の流入量と貯水量の同時生起確率および基準地点の生起確率ベクトルがもとめられる¹⁾。任意の期間の貯水量と流入量の同時生起確率行列 $[S^i I^i]$ が与えられると、

$$(i) \quad [I^i S^e] = [S^i I^i]^T \otimes [S^e | S^i I^i] \quad \text{for } I^i \quad (2)$$

ただし、 T は転置、“ $\otimes$ ” は 2 次元行列と 3 次元行列の積を表わし、 i 行とそれに対応する 3 次元の要素行列の積が i 行になることを示している。

$$(ii) \quad [S^e I^e] = [I^i S^e]^T \cdot [I^e | I^i] \quad (3)$$

$$(iii) \quad [S^i S^e] = [S^i I^i] \otimes [S^e | S^i I^i] \quad \text{for } S^i \quad (4)$$

$$(iv) \quad [O^i O^e] = [O^i | S^i] \cdot [S^i S^e] \cdot [O^e | S^e]^T \quad (5)$$

$$(v) \quad [Q^e] = [O^i O^e]^T \cdot [E] \quad (6)$$

ここに $[E]$ は、要素が 1 の列ベクトルである。結局、安全度は、需要量を Q_0 とすれば、

$$REL^i = \sum_{j=Q_0}^J P_j^e \quad (7)$$

となる。

3. ダム操作ルールの定式化 ダム操作ルールは、次の 3 つのパターンを考える。

$$\text{操作 1 ; } O^i = Q^* \quad (\text{when } S^i \geq Q^*) \quad , \quad O^i = S^i \quad (\text{when } S^i < Q^*) \quad (8)$$

$$\text{操作 2 ; } O^i = Q^* \quad (\text{when } S^i \geq Q^*) \quad , \quad O^i = O^i \quad (\text{when } S^i < Q^*) \quad (9)$$

$$\text{操作 3 ; } O^i = Q^* \quad (\text{when } S^i \geq Q^*) \quad , \quad O^i = a \cdot S^i \quad (\text{when } S^i < Q^*) \quad (10)$$

ここで、 a は実変数 ($0 < a < 1$)、 Q^* は必要放流量である。各ダム操作ルールに対応して、貯水量と放流量の条件付確率行列 $[O^i | S^i]$ が作成される。

現実にはダムと基準地点の間に残流域が存在する。しかも、その流入量は、ダム流入量と強い相関性があると予想される。残流域流量 q^i を $[q^i | I^i]$ なる条件付確率行列で表わすでしょう。また、

ダムの放流量は、貯水量と放流量の操作行列を用いると、

$$[I^1 O^1] = [I^1 S^1] \cdot [O^1 S^1]^T \quad (11)$$

なる流入量—放流量の同時確率行列となる。従って、合流流量と残流域流量の同時生起確率行列は、

$$[Q^1 q^1] = [I^1 O^1]^T * [q^1 I^1] \quad (12)$$

となる。ここに、" * " はShift Operation を表す。結局、合流流量の生起確率ベクトルも式(6)で求められることになる。本方法では、2期間にわたる合流流量の同時生起分布は求められないが、残流域流量を別のダムからの流出量とみることもでき、並列ダムへの応用も可能である。

4. 適用例 計算期間の1単位を半月、全制御期間を1年として安全度の変化を調べよう。流入量の条件付確率は夏期6月～9月、冬季10月～5月の2種類を用いた。Tableは、6月初期に初期行列を設定した場合の年間安全度の分布状態を示したものである。ただし、Table、Figureはダム1による結果であり、その水量レベルの離散巾は $50 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、離散数は15としている。ダム操作1は、一般には流入量だけで安全度が決まるようであるが、操作2になると流量だけでなく貯水量によって変化が見られる。ただし、次期と次々期の半月の安全度は現貯水量に依存するのが大きく、システムの安全度を求めるには除外した。初期流入量が2レベルのとき、初期貯水量すべてのときに、年間安全度は0.0833になる。Figureは、各月初期の流量 I^1 を3と6レベルに固定した時の安全度の推移状態である。 I^1, S^1 がいずれの値をとっても、冬期(10月～5月)において年間安全度が著しく低下することを示しており、同時に渇水の可能性が高くなることを示している。一方、操作2, 3では、

Q^1, S^1 のとり値により年間安全度はかなり

左右されるものの、形態としては同図と似たものとなり、操作1, 3, 2の順で高くなっていく傾向が見られる。

5. おわりに 以上、入力である水量とダム操作ルールの利水システムの安全度評価について考察した。実データ不足のため、多少現実性を欠いた結果になっているが、今後より細かい流量分布による解析や、複数ダムを考慮した実際の研究へと発展させていきたい。

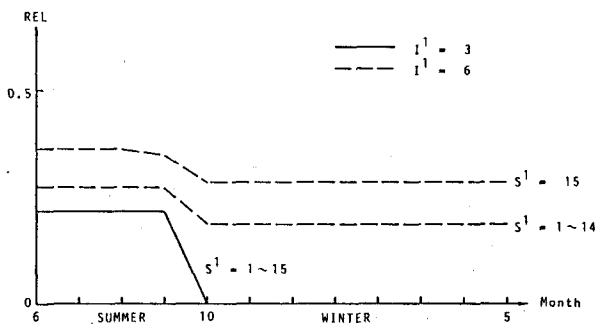


Figure 安全度の推移

Table 6月初旬での安全度の分布

		Inflow discharge I^1													
Storage volume S^1	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512
	0.0	0.0833	0.2142	0.1429	0.2222	0.2727	0.2000	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512	0.3512

<参考文献>1) 飯島健; 利水システムの安全度評価に関する研究, 京都大学修士論文, 1985